

## NOTA BREVE

# DEPÓSITO DE CORRIENTE PIROCLÁSTICA RECIENTE (1963-64 AD? - 1976 AD?) DEL VOLCÁN COPAHUE (I): EVIDENCIAS GEOLÓGICAS DE CAMPO Y EDAD RADIOCARBÓNICA

Ivan A. PETRINOVIC<sup>1</sup>, Leandro D'ELIA<sup>2</sup>, Gerardo PÁEZ<sup>3</sup>, Catalina BALBIS<sup>4</sup>, Silvina GUZMÁN<sup>5</sup>, Gustavo VILLAROSA<sup>6</sup> Y Roberto CARNIEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CICTERRA (CONICET-UNC) - Fac. Cs Exactas Fis. y Naturales - Ciudad Universitaria - X5016GCA - CORDOBA - ARGENTINA. TEL/FAX: (0351) 5353800 int. 30236. E-mail: ipetrinovic@efn.uncor.edu

<sup>2</sup> CIG (CONICET-UNC) - La Plata.

<sup>3</sup> INREMI (UNLP) - La Plata.

<sup>4</sup> UNC - Córdoba.

<sup>5</sup> IBIGEO (CONICET-UNSa) - Salta.

<sup>6</sup> INIBIOMA (CONICET-UNCOMA) - Bariloche.

## RESUMEN

Se describe un depósito atribuido a una corriente piroclástica sobre los flancos NE, E y SE del volcán Copahue. La datación radiocarbónica ( $F = 1.3678 \pm 0.0075$ ) permite asignarle dos edades eruptivas posibles 1963-64 AD y 1976 AD (1961 AD?). Estimamos su importancia en la asignación de peligro volcánico del Copahue.

**Palabras clave:** *Copahue, PDC, peligro volcánico, edad radiocarbónica*

## ABSTRACT

*A recent pyroclastic density current (1963-64 AD? - 1976 AD?) from the Copahue volcano (I): Field geological evidences and radiocarbon age*  
We describe a historical pyroclastic deposit attributed to a pyroclastic density current (PDC) in the NE, E and SE flanks from the Copahue volcano. The radiocarbon dating ( $F = 1.3678 \pm 0.0075$ ) enable to correlate this pyroclastic deposit with two possible eruption times 1963-64 AD and 1976 AD (1961 AD?). We consider its importance to assess the volcanic hazard of the Copahue volcano.

**Keywords:** *Copahue, PDC, volcanic hazard, radiocarbon age*

## INTRODUCCIÓN

El volcán Copahue ha tenido al menos seis ciclos eruptivos con registro histórico, los mismos corresponden a: 2012, 2001(?), 2000, 1992, 1961, 1937, 1867(?), 1759 (?) y 1750 (Pesce 1989; Linares *et al.* 1999; Varekamp *et al.* 2001, 2006; Polanco 2003; Melnick *et al.* 2006; Agosto *et al.*, 2013. Únicamente tres de estas erupciones cuentan con descripciones geológicas, y corresponden a las de 1992 (Delpino y Bermúdez 1993), la de 2000 (Naranjo y Polanco 2004) y la de 2012 (Petrinovic *et al.* en prensa). Estos estudios han constituido la base para el desarrollo del mapa

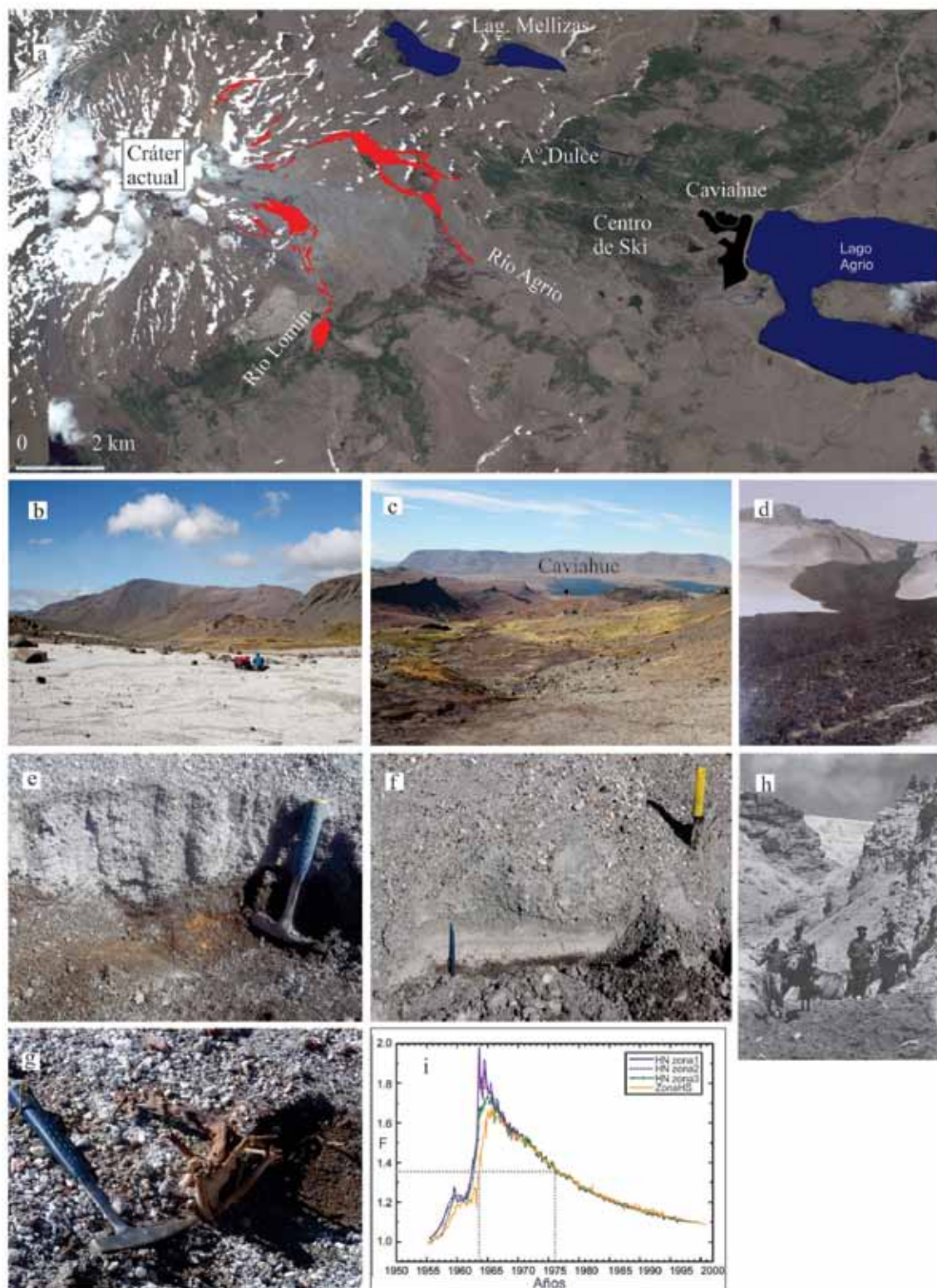
de riesgo de este volcán (Delpino y Bermúdez 1995). Este mapa de riesgo incluye: i) emisión de gases, ii) caída de cenizas leves dispersadas regionalmente, iii) caída de bloques y bombas balísticas que afectarían a los entornos inmediatos al cráter y iv) lahares (como los producidos en la erupción de 1992) que descenderían desde las nacientes de los ríos y arroyos que nacen en las laderas del volcán, pero no incluye corrientes piroclásticas. Dado que el área de dispersión y el grado de afectación de las corrientes piroclásticas es drásticamente superior a las producidas por los lahares, establecer la posibilidad de ocurrencia de las mismas constituye un factor

de gran importancia.

Por otra parte, las erupciones previas a 1992 -como las de 1937 y 1961- son poco conocidas, tanto en base a reportes, como al registro geológico (limitado por la baja preservación que tienen los productos volcánicos de volumen reducido en el ambiente andino). Por ello, brindamos a continuación información referida al significativo hallazgo de un depósito de una corriente piroclástica ocurrida en las últimas décadas.

## El depósito

En base a trabajos de campo realizados desde el año 2007, se detectó la presencia



**Figura 1:** a) Afloramientos de los depósitos de la corriente piroclástica densa reconocidos; b) Afloramientos del depósito en las nacientes del arroyo Dulce; c) Afloramientos vistos desde el nacimiento del río Agrio (al fondo el volcán Copahue y su cono de escoria moderno); d) Lahar de escorias producido durante la erupción de 1992, vistos al día siguiente de su depositación (foto cortesía de Don Higinio del Monte); e) Sección genérica del depósito en facies lapillita fina, se observa su coloración grisácea, la naturaleza de los fragmentos y la granulometría de la matriz; f) Sección de la facies de ceniza con base estructurada y gradación inversa; g) Arbustos carbonizados y torcidos al paso de la corriente piroclástica; h) Foto del año 1930 mostrando el cráter del volcán Copahue (al fondo puede verse el glaciar que corona la laguna intracrática), observar el cráter apuntillado hacia el E desde donde nace el río Agrio; i) Curvas de  $^{14}\text{C}$  troposférico regionales para el período 1955-2001 AD para cuatro zonas diferentes: Hemisferio Norte zonas 1, 2 y 3 y Hemisferio Sur (Hua y Barbetti 2004; Hua 2009). F (fracción de carbono moderno), con línea punteada se muestra el valor de  $F^{14}\text{C}=1,3678 \pm 0,0075$  para los restos de arbustos carbonizados por la corriente piroclástica. Edades posibles: 1963-64 AD o 1976 AD.

de depósitos de corrientes piroclásticas a lo largo del cauce del río Agrio (Petrinovic 2008) y se describieron algunas de sus características (Petrinovic *et al.* 2010). Posteriormente, se han individualizado distintas unidades depositadas por PDC en

los márgenes del río Agrio y del río Dulce, atribuidas a ciclos eruptivos individuales; todas con características similares, tanto composicional como texturalmente, lo cual indica una recurrencia del proceso formador. El depósito de corriente piro-

clástica motivo de esta contribución, es el más reciente en el registro estratigráfico del volcán Copahue.

Se reconocen afloramientos en el río Agrio (Fig. 1a y 1b), en las nacientes del arroyo Dulce (Fig. 1a y 1c), en las nacientes

del río Lomin (ladera S del volcán) y en las nacientes de la arroyada que desemboca en las Lagunas Mellizas (Fig. 1a). Hoy día los afloramientos más distales alcanzan las nacientes del arroyo Dulce y el quiebre de dirección hacia el E del río Agrio (Fig. 1a). Los afloramientos sobre el río Agrio resumen las características más destacables del depósito, y permiten inferir los mecanismos eruptivos, de transporte y deposicionales ocurridos. Estos depósitos fueron previamente mencionados como depósitos clásticos blanquecinos producto de lahares, ocurridos en 1992 (Polanco 2003: pág. 32; Fig. 7). No obstante, los lahares generados en 1992 removilizaron bombas de escoria de composición andesítica, acumuladas por proyección balística en los entornos de la boca eruptiva en época invernal (Fig. 1d) los que únicamente se preservan en las nacientes del río Lomin como afloramientos saltuarios muy reducidos.

El depósito de corriente piroclástica se presenta tanto en facies de lapillita fina clasto sostén con moderada selección (polimodal), como en facies de ceniza clasto sostén con buena selección. Ambas facies se caracterizan por la presencia de fragmentos juveniles escoriáceos de hasta 3 cm (en el caso de las facies de lapillita), sub-ecuanes con contornos irregulares. También caracteriza a ambas facies la presencia de fragmentos accidentales-accesorios de origen volcánico de hasta 5 cm (para las facies de lapillita) con distintos grados de redondeamiento y alteración hidrotermal, inmersos en una matriz de ceniza gruesa de color gris (Fig. 1e). Los fragmentos hidrotermalizados muestran texturas microcristalinas a criptocristalinas y definidos por un agregado silíceo poco cristalizado con textura sacarosa de cuarzo y azufre, penetrada pervasivamente por venillas finas con tridimita, cristobalita y arcilla. En todos los casos, el análisis composicional revela una elevada relación accidentales-accesorios/juveniles.

Ambas facies se presentan con un aspecto masivo, sin un ordenamiento remarcable de los componentes; aunque en ocasiones muestran el desarrollo de una estratificación difusa marcada por

capas de gradación inversa en las facies de lapilli, y una laminación en las facies de granulometría ceniza (Fig. 1f). Estas diferencias indicarían cambios en el régimen de transporte/deposición dentro de la corriente piroclástica y las características de su agradación respecto al relieve. Actualmente el depósito se presenta con un espesor máximo de alrededor de 30 cm. Los afloramientos muestran un ángulo de reposo que varía de acuerdo a su posición respecto al relieve previo; de esta manera en el cauce principal el depósito se presenta con ángulos de entre 5° y 10°, mientras que en las márgenes del mismo puede alcanzar ángulos de reposo cercanos a los 30°. Estas variaciones se ven reflejadas en los cambios en la estructura interna del depósito descriptos.

Como una característica particular de este depósito se destaca la evidencia de una temperatura de depositación lo suficientemente elevada como para carbonizar arbustos achaparrados a su paso, llegando incluso a torcerlos en el sentido de flujo de la corriente piroclástica (Fig. 1g). El análisis realizado en el Laboratorio de Tritio y Radiocarbono del Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP) arrojó una edad radiocarbónica convencional  $>$  Moderno (*sensu* Stuiver y Polach 1977). En función de la curva regional de  $^{14}\text{C}$  troposférico (período 1955-2001; Hua 2009), el valor obtenido de  $\Delta^{14}\text{C}\%$  es de  $357,44 \pm 7,5$  (Fracción de Carbono Moderno =  $1.3678 \pm 0.0075$ ), lo que evidencia dos edades posibles, 1963-64 AD y 1976 AD para el depósito (Fig. 1i).

Considerando la superficie total de los afloramientos actuales, que corresponde aproximadamente a  $1.450.000 \text{ m}^2$ , y un espesor actual promedio de 0,2 m, el volumen total del depósito puede estimarse en unos  $290.000 \text{ m}^3$  ( $0,00029 \text{ km}^3$ ). Este valor lógicamente corresponde a un volumen mínimo para el depósito dada la elevada erosión reconocida en la zona.

## CONSIDERACIONES FINALES

Dada la naturaleza de los componentes, la geometría de los fragmentos, la orde-

nación interna del depósito, las evidencias de temperatura reconocidas y la disposición del depósito respecto al relieve, consideramos que el depósito descripto corresponde a una *dense fluid-based PDC* (Branney y Kokelaar 2002) con alta concentración de fragmentos hacia la base. En función de su distribución y volumen, se infiere que esta corriente se habría producido por el colapso inmediato de una columna eruptiva de poca altura (Lepore y Scarpatti 2012). Esta interpretación explica los rasgos principales del depósito y una configuración distinta del entorno cratérico al tiempo de la erupción -respecto a la actual- podría justificar la ausencia de registros en las inmediaciones del cráter. Al presente la zona cratérica está formada por un cono de escorias con bordes preservados, donde se destaca la abundancia de bloques balísticos acumulados (Fig. 1 c); sin embargo, con anterioridad al ciclo de 1992, los reportes orales indican que el cráter se encontraba aportillado al E y el Río Agrio se conectaba con la laguna cratérica (Fig. 1h: *foto tomada en 1930*).

La geometría de las vesículas de los fragmentos juveniles, la elevada relación accidentales/juveniles y las características de los fragmentos accidentales hidrotermalizados, indicarían su proveniencia a partir de explosiones hidromagmáticas ocurridas a nivel subsuperficial, semejantes a las producidas recientemente en el registro eruptivo del volcán (Delpino y Bermúdez 1993; Petrinovic *et al.* en prensa).

La calibración mediante el  $\Delta^{14}\text{C}\%$  obtenido indica dos edades posibles 1963-64 y 1976. Considerando este lapso de tiempo y dadas las menciones de actividad explosiva conocidas (2001, 2000, 1992, 1961, 1937, 1867, 1759 y 1750) podría corresponder a una corriente piroclástica producida durante el ciclo 1961, del cual no se tiene registro.

La posición de los afloramientos reconocidos, la naturaleza del evento volcánico y la edad del depósito son factores relevantes a considerar dentro de la asignación del riesgo volcánico en el área del volcán Copahue. El mapa de riesgo vigente contempla la posibilidad de lahares tanto en



el arroyo Dulce como en el río Agrio; no obstante, las corrientes piroclásticas serían el proceso natural más importante, debido a su velocidad, a su temperatura y también al área de afectación, varios órdenes de magnitud superior al poder destructivo de un lahar. Dado que ésta no sería la única vez que el volcán Copahue produce corrientes piroclásticas (Petrinovic *et al.* 2008; Petrinovic *et al.* 2010), es posible que el evento se repita cuando se logren las condiciones necesarias (una fuente de magma en ascenso, conductos obturados, agua disponible para ser convertida en vapor al contacto del magma y una relación agua/magma que favorezca condiciones altamente explosivas). De darse las condiciones apropiadas, ocurrirían explosiones hidromagmáticas con alta carga de partículas, que serían expelidas a la atmósfera, las cuales incapaces de ser sustentadas por su alta densidad, colapsarían desplazándose a altas velocidades por las laderas del volcán. Dado que los depósitos reconocidos se encuentran parcialmente erosionados, y además representan la parte basal de la corriente piroclástica original que los depositó (*sensu* Branney y Kokelaar 2002), su hallazgo sugiere un área de afectación mucho mayor que la distribución actual de los afloramientos (Fig. 1a), hecho a tener en cuenta durante la evaluación de la susceptibilidad eruptiva del volcán Copahue. La posibilidad de que una corriente piroclástica hipotética se canalice o descienda en manto cubriendo el relieve depende de las condiciones iniciales de la erupción, para lo cual estamos desarrollando modelos numéricos y digitales que viabilicen diferentes escenarios eruptivos potenciales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del convenio CONICET-Legislatura del Neuquén "Análisis de la susceptibilidad eruptiva de los volcanes neuquinos", del PICT Raíces 265 y del SECyT 2012-2013 resol #360. Los autores agradecen a Cecilia del Papa por sus opiniones en el campo y las sugerencias sobre la primera versión del manuscrito. Agradecemos a la Dra. Cori-

na Risso y a la Dra. Beatriz Coira y al Editor la revisión de la primera versión y todas sus sugerencias que mejoraron sustancialmente la calidad y claridad del trabajo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Agusto, M., F. Tassi, A.T. Caselli, O. Vaselli, D. Rouwet, B. Capaccioni, S. Caliro, G. Chiodini y Darrah, T., 2013. Gas geochemistry of the magmatic-hydrothermal fluid reservoir in the Copahue-Caviahue Volcanic Complex (Argentina). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 257: 44-56.
- Branney, M.J. y P. Kokelaar, 2002. Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites. *Geological Society London, Memoir* 27, 152 pág.
- Delpino, D. y Bermúdez, A., 1993. La actividad del Volcán Copahue durante 1992. Erupción con emisiones de azufre piroclástico, Provincia del Neuquén, Argentina: 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas IV: 292-301.
- Delpino, D. y Bermúdez, A. 1995. Mapa de riesgo volcán Copahue. Mapas de Riesgo geológico, Servicio Geológico Neuquino, N° 1986.
- Hua, Q. 2009. Radiocarbon: A chronological tool for the recent past. *Quaternary Geochronology* 4, 378-390.
- Hua, Q., Barbetti, M., 2004. Review of tropospheric bomb  $^{14}\text{C}$  data for carbon cycle modeling and age calibration purposes. *Radiocarbon* 46: 1273-1298.
- Lepore, S. and C. Scarpatti, 2012. New developments in the analysis of column-collapse pyroclastic density currents through numerical simulations of multiphase flows. *Solid Earth* 3: 161-173, doi:10.5194/se-3-161-2012.
- Linares, E., Ostera, H.A. y Mas, L.C., 1999. Cronología K-Ar del Complejo Efusivo Copahue-Caviahue, Provincia del Neuquén. *Rev. Asociación Geológica Argentina* 54: 240-247.
- Melnick, D., Folguera, A. y Ramos, V.A., 2006. Structural control on arc volcanism: The Caviahue-Copahue complex, Central to Patagonian Andes transition (38°S). *Journal of South American Earth Sciences* 22: 66-88.
- Naranjo, J.A. y Polanco, E., 2004. The 2000 AD eruption of Copahue Volcano, Southern Andes. *Revista Geológica de Chile* 31: 279-292.
- Pesce, A. 1989. Evolución volcano-tectónica del complejo efusivo Copahue-Caviahue y su modelo geotérmico preliminar. *Asociación Geológica Argentina Revista* 44: 307- 327.
- Petrinovic, I.A., 2008. Variaciones en el régimen de flujo en depósitos de oleadas piroclásticas del volcán Copahue (37°45'S-71°10.2'W), Neuquén. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 1379-1380.
- Petrinovic, I.A., C. Corazzato, F. Belloni y G. Gropelli, 2008. Oleadas piroclásticas recientes del volcán Copahue (37°45'S - 71°10.2'O), Neuquén, Argentina. 12° Reunión Argentina de Sedimentología. Buenos Aires, Actas: 140.
- Petrinovic, I., Martí, J., Aguirre-Díaz, G.J. y Geyer, A., 2010. Dilute PDC's interacting with a body of water. The Copahue surge. 18° ISC 2010, Actas, Mendoza, Argentina.
- Petrinovic, Ivan A., Gustavo Villarosa, Leandro D'Elia, Silvina P. Guzmán, Gerardo N. Páez, Valeria Outes, Carolina Manzoni, Agustín Delménico, Catalina Balbis, Roberto Carniel, e Irene R. Hernando. La erupción del 22 de diciembre de 2012 del volcán Copahue, Neuquén, Argentina: caracterización del ciclo eruptivo y sus productos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, en prensa.
- Polanco, E., 2003. Evolución del volcán Copahue (37° 45 S) Andes del Sur. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de México, 103 pág.
- Stuiver, M., Polach, H.A., 1977. Discussion: reporting of  $^{14}\text{C}$  data. *Radiocarbon* 19: 355-363.
- Varekamp, J.C., Ouimette, A.; Hermán, S., Bermúdez, A. y Delpino, D., 2001. Hydrothermal element fluxes from Copahue, Argentina: A "beehive" volcano in turmoil. *Geology* 29: 1059-1062.
- Varekamp, J.C., J. Maarten de Moor, M. Merrill, A. Colvin, A. Goss, P. Vroon y Hilton, D., 2006. Geochemistry and isotopic characteristics of the Caviahue-Copahue volcanic complex, Province of Neuquén, Argentina. *Geological Society of America. Special Paper* 407.

Recibido: 9 de agosto, 2013

Aceptado: 10 de diciembre, 2013